



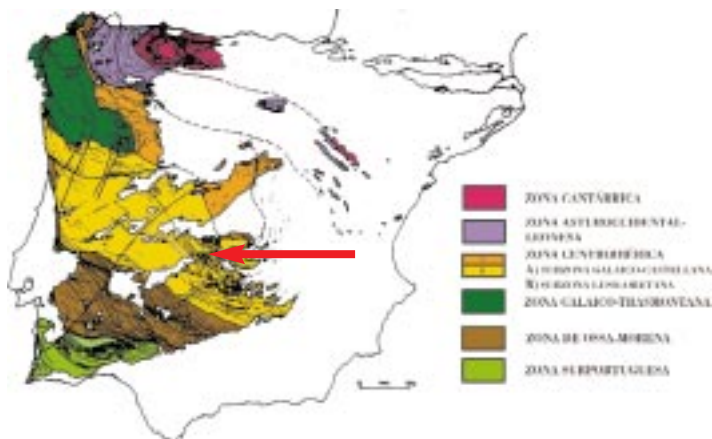
Izquierda: ubicación geográfica del Parque Nacional en la Comunidad castellano-manchega, con territorio repartido entre dos municipios de la provincia de Toledo (Los Navalucillos, Hontanar) y cuatro de la provincia de Ciudad Real (Navas de Estena, Retuerta del Bullaque, Horcajo de los Montes y Alcoba de los Montes). Ilustración tomada de NIPO 311-01-074-0, Servicio de Publicaciones de Parques Nacionales. **Derecha:** contorno territorial del Parque Nacional en un esquema orográfico a escala 1:400.000, preparado a partir del Mapa Militar Digital de España (Ministerio de Defensa, 1997). Se observan las zonas montañosas encuadradas en los Macizos de Rocigalgo (al nor-



oeste, con el pico más alto de los Montes de Toledo, 1.448 m), a continuación el Macizo del Chorito, separado del anterior por la incisión del río Estena, y que cubre el área centro-occidental del Parque; el área de sierras más meridional incluye las Sierras de la Celada o del Gavilán (extremo suroeste) y su prolongación en las cuerdas de Miraflores, Solanillas y El Rostro. Entre los límites del Chorito y Miraflores-El Rostro se extiende una depresión llana y abierta, que en realidad corresponde a una rampa muy suave y pedregosa llamada *raña*, desarrollada entre los 650 y 750 m de altitud.

El Parque Nacional de Cabañeros comprende una extensión de 390 km² en el norte de la provincia de Ciudad Real y sur de la provincia de Toledo, dentro del sistema orográfico de Los Montes de Toledo (Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha). Es el décimo Parque Nacional español; fue creado el 20 de noviembre de 1995, y depende administrativamente del Ministerio de Medio Ambiente (Secretaría General de Medio Ambiente, Organismo Autónomo Parques Nacionales). Desde 1988, su territorio fue reconocido como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) por la Unión Europea, y en julio de ese mismo año la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha lo declaró Parque Natural. Ello alteró la intención inicial de convertir su sector meridional en el campo de tiro, para aviación militar, más grande de Europa por aquel entonces (1982-1983), tras la compra por el Ministerio de Defensa de parte de las fincas en propiedad de la familia Aznar desde 1941.

Desde el punto de vista ecológico, el Parque Nacional pertenece al ámbito denominado "bosque y matorral mediterráneo"



Situación del Parque Nacional en la Zona Centroibérica del Macizo Hespérico (gran núcleo rígido de rocas precámbricas y paleozoicas que forma toda la Meseta y mitad oeste de la Península Ibérica). Según San José (1998)

de suelos ácidos, con predominio de matorral denso de jara, encina y rebollo en las zonas montañosas, y de llanos adeshados por el hombre y los ganados en las llamadas *rañas*. No obstante, los lugares más recónditos y montañosos del Parque Nacional sorprenden por conservar relictos de una vegetación mucho más húmeda y umbrosa ("bosque atlántico"), una mezcla de supervivientes de las floras del Terciario y de las glaciaciones del Cuaternario, con abedules, tejos, acebos, madroños, sauces, alisos, castaños, avellanos, fresnos, serbales y algunos elementos esciófilos y herbáceos singulares, como el durillo (*laurisilva*). En cuanto a la fauna, destaca la amplia diversidad de aves y la abundancia de especies protegidas y cinegéticas, convertidas hoy en día en símbolo vivo del Parque Nacional. Tanto es así, que en los amplios herbazales salpicados de encinas, quejigos, mestos y alcornos, tan característicos de la *raña* central del Parque (de 8.000 ha de extensión), muchos han querido ver similitudes paisajísticas con la sabana africana, con una diversidad y abundancia tal de grandes vertebrados, que Cabañeros es calificado reiteradamente por algunos como el "Serengeti español".

Centrándonos ya en el sustrato geológico, el sistema orográfico de los Montes de Toledo se sitúa en el sector suroccidental de la llamada Zona Centroibérica del Macizo Hespérico, el cual comprende el gran núcleo de rocas antiguas (terrenos precámbricos y paleozoicos) que configura toda la mitad occidental de la Península Ibérica.

El territorio del Parque Nacional de Cabañeros comparte los rasgos geológicos comunes a toda la comarca y a gran parte de la Submeseta meridional, razón por la cual el itinerario programado por el pre-Parque es absolutamente representativo de lo que ocurre en el interior del mismo. A grandes rasgos, sus materiales geológicos se estructuran en dos grandes conjuntos: por una parte, un *basamento antiguo*, fuertemente deformado, constituido por rocas detríticas depositadas en un ambiente marino o litoral, entre finales del Precámbrico y comienzos del Paleozoico inferior (aproximadamente entre - 550 hasta - 450 millones de años); y por otro, una *cobertera subhorizontal reciente*, de origen netamente continental, vinculada a las crisis climáticas caracterís-

ticas de fines del Terciario y comienzos del Cuaternario, con una antigüedad inferior a los 3 millones de años.

La geometría de los pliegues paleozoicos, y sus niveles de arrasamiento, impiden reconocer en Cabañeros materiales de los periodos Silúrico y Devónico (a diferencia de lo que afirman algunas guías y publicaciones geográficas), los cuales se depositaron sin duda alguna en la zona, pero fueron más tarde eliminados por erosión (antigua y moderna).

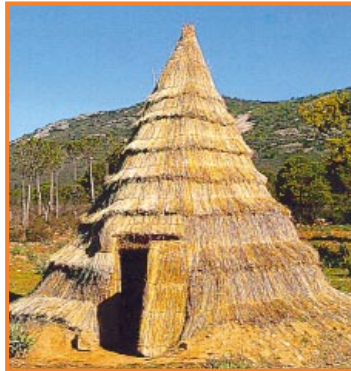
Los dos grandes conjuntos rocosos y sedimentarios que hemos descrito condicionan netamente el relieve actual de Cabañeros, ya que los materiales paleozoicos son los que forman las áreas montañosas al norte, centro-norte y oeste del territorio, en tanto que la cobertera reciente es la que configura las rañas más típicas del sector suroriental del mismo. La razón estriba en la dureza y resistencia a la erosión que oponen las unidades cuarcíticas paleozoicas, plegadas durante la Orogenia Hercínica o Varisca (ocurrida hace más de 300 millones de años), y desde entonces fueron arrasadas varias veces coincidiendo con ciclos erosivos de edad incierta. También existió una fase, en la que los relieves pudieron haber sido reactivados durante la Orogenia Alpina (ya en la Era Terciaria), pero sus efectos en la comarca no pueden constatar más que por la probable reactivación de antiguas fallas hercínicas.

En cualquier caso, la larga y compleja historia erosiva de los materiales paleozoicos, eliminó los posibles sedimentos continentales mesozoicos y del Terciario antiguo. Testigos de esta dilatada denudación son las espléndidas superficies de erosión escalonadas, cuyo testimonio más notable se encuentra en el conjunto de "rasos" que coronan el macizo montañoso del Chorito, formando un rígido nivel de cumbres cercano a los 1.000 m. Por encima de éste, tan sólo se conservan al noroeste del Parque algunas hondoneras erosivas que corresponden a un segundo nivel de cumbres muy bien desarrollado en las sierras de San

Pablo y Navahermosa sobre los 1.200 m. Del mismo emergen los relieves de Rocigalgo y Calamocho (hacia los 1.400 m.), vestigios a su vez de una morfología previa ampliamente representada en el centro de España.

Desde el punto de vista hidrográfico, Cabañeros se enmarca dentro de las cuencas de dos ríos afluentes del Guadiana por su margen derecha: el Bullaque y el Estena. El primero circula sobre la raña sin apenas incidirla y sin generar un valle estable, mientras que el segundo aparece fuertemente encajonado en un surco intramontañoso cuya incisión se suma al relieve, de por sí accidentado, de toda la región occidental de montes.

En cuanto a la reciente historia humana en la región, los Montes de Toledo se denominan así porque en su mayor parte pertenecieron a la ciudad de Toledo entre 1246 y 1835, y también porque el término "monte" designaba por aquel entonces cualquier área con vegetación natural susceptible de aprovechamiento directo (madera, carbón, leña), o bien por ser potencial generadora de otros recursos (arrendamiento a particulares). Pero coincidiendo con este periodo, la vieja metrópoli impuso un rígido sistema fiscal a sus habitantes, que acabaron despoblando la región hasta alcanzar densidades extremas como los 0,050 habitantes por km² actuales en el territorio del Parque Nacional. Como consecuencia pareja, la comarca entera se hizo tristemente célebre por el auge del bandolerismo de mediados del siglo XIX. Los núcleos de población actuales se originaron a partir de los poblados de chozas donde habitaban las "cuadrillas" de carboneros, pastores, corcheros, apicultores y leñadores, las cuales tenían una forma cónica elevada y cubierta vegetal, de tradición indudablemente prerromana. La construcción de estos habitáculos temporales perduró hasta mediados del siglo pasado, y según algunos eruditos, su existencia misma es la que dio origen al topónimo *Cabañeros*.



Cabaña o chozo tradicional, de un tipo que perduró en Cabañeros hasta mediados del siglo pasado, y que dió nombre a la finca primitiva



Itinerario; Marco paleogeográfico y temporal

Programa general del itinerario geológico

- Salida de Madrid (8:30 h), Instituto Geológico y Minero de España, c/ Ríos Rosas 23.
- Café en Ventas con Peña Aguilera (Toledo)
- Parada 1: Panorámica geológica en el Puerto del Milagro (Toledo), Km. 25,300 de la carretera CM 403 (a pie de autobús).
- Parada 2: casco urbano de Retuerta del Bullaque (Ciudad Real). Panorámica geológica y observación de icnofósiles del Ordovícico Inferior (a pie de autobús).
- Parada 3: Sucesión estratigráfica e icnofósiles del Cámbrico Inferior y Ordovícico Inferior en el Boquerón del río Estena, Parque Nacional de Cabañeros (itinerario a pie, aprox. 3-3,5 km i/v, con fuente de agua potable a medio camino).
- Almuerzo en el bar-restaurant "El Mesón" (Navas de Estena, Ciudad Real, teléf. 925 409 146).
- Parada 4: Invertebrados fósiles en pizarras del Ordovícico Medio, Cuesta de Valderuelo (carretera entre Navas de Estena y Retuerta del Bullaque).
- Regreso a Madrid (llegada hacia las 19:30-20 h).



Esto es lo que vería un extraterrestre que se estuviera acercando a la Tierra hace 480 millones de años. También otro que nos estuviese mirando, en este preciso instante, con un potentísimo telescopio desde cualquier planeta en la galaxia Haufen A-400, porque ese es el tiempo que tarda en recibir la luz emitida por nuestro flamante Sistema Solar (si nos mirasen desde Centauro, mucho más cerca, ¡aún podría distinguir los dinosaurios!). En el Ordovícico, nuestro territorio (Ib) se situaba cerca del polo sur, como parte de la plataforma marina epicontinental de Gondwana

Marco paleogeográfico y temporal

Cuando hablamos de sedimentos marinos, en el centro de la Península, tanto las personas incrédulas como las poco versadas en geología, lo más que llegan a aceptar (o a imaginarse) es que el mar pudiera haber estado allí recubriendo a la geografía *actual*, de la que se habría retirado en virtud de una *regresión* marina (explicable bien por retroceso del mar, o bien por elevación *isostática* del continente).

Nada más lejos de la realidad. Al menos para los materiales geológicos de la era Paleozoica, depositados en un tiempo anterior a la existencia misma de la Península Ibérica, tal y como ahora la concebimos.

Nuestra historia comienza hace poco más de 500 millones de años, cuando los territorios precursores de la Iberia actual (Ib, OM

y C en la reconstrucción paleogeográfica adjunta) eran parte de la plataforma continental marina del desaparecido macrocontinente de *Gondwana*. Éste aglutinaba a extensas zonas emergidas, o inundadas bajo mares someros, repartidas ahora en África, América (Sudamérica), Asia (Arabia, India, Suroeste de China), Oceanía (Australia, Nueva Zelanda) y Antártida. Todo esto ocurría antes de la apertura de los océanos que conocemos en la actualidad, y que terminaron por desintegrar un supercontinente posterior al primitivo *Gondwana* (la *Pangea* pérmico-triásica), aún mucho mayor.

Como se aprecia en la ilustración contigua, que corresponde al Ordovícico inferior, nuestro territorio de entonces (Zona Centroibérica, Ib) estaría unido a la Bretaña francesa, y se situaría en latitudes "paleoantárticas", cercanas al polo sur, permaneciendo sumergido bajo los mares poco profundos circundantes a *Gondwana*. En esos momentos no habían aparecido aún las plantas terrestres, por lo que la parte emergida de *Gondwana* sería un vasto continente yermo salvo en sus porciones paleoequatoriales, en las que formas vegetales primitivas, y algunos artrópodos acuáticos, comenzaban a hacer sus primeras incursiones en tierra firme. Los vertebrados estaban restringidos a escasas formas, acorazadas o no, de pequeños peces sin mandíbulas, limitados a los mares cálidos próximos al paleoecuador.

En todo caso, la inexistencia de una cobertura vegetal que contuviese la erosión, favorecería que las plataformas marinas y someras *perigondwánicas*, fuesen muchísimo más extensas de lo que ahora es habitual en el planeta, dándose casos como el de la región centroibérica, en que la plataforma marina era casi plana (a 500 km desde la costa, apenas profundizaba 100-150 m).

Estas plataformas permanecieron con escasas variaciones hasta el Devónico medio, donde la sedimentación comienza a reflejar el influjo de la aproximación de *Gondwana* al ensamblaje de Laurentia, Baltica y el microcontinente Avalonia (desgajado de *Gondwana*), unidos durante la Orogenia Caledónica. Ya en el Carbonífero superior, *Gondwana* acaba colisionando con este segundo continente (*Laurusia*), replegándose entonces todos los sedimentos acumulados en las plataformas marinas de ambos macrocontinentes, durante un nuevo ciclo orogénico designado como Orogenia Hercínica o Varisca.

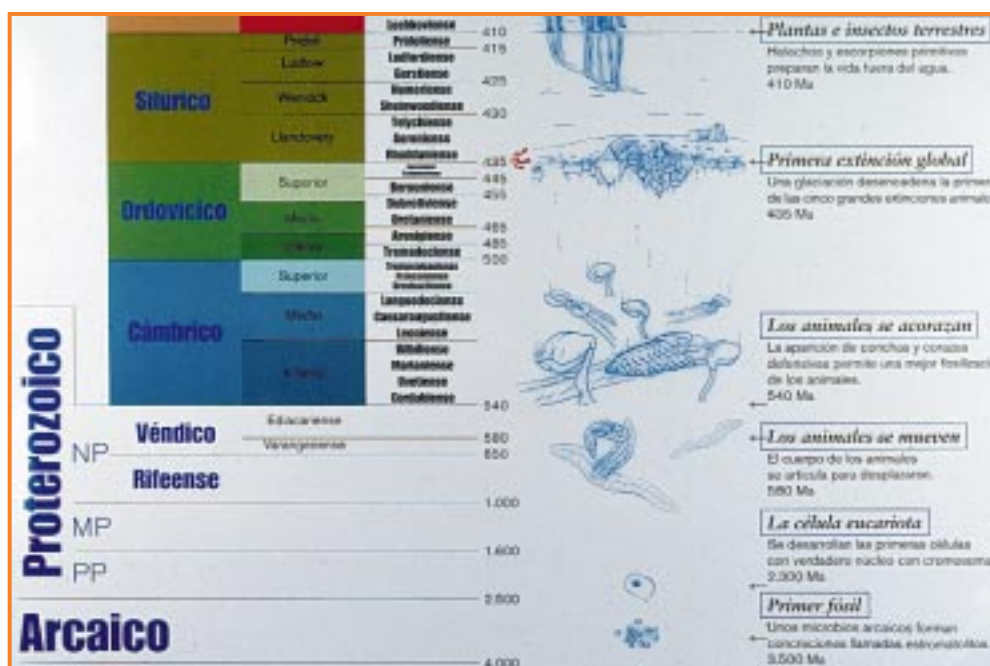
Es en esta última orogenia cuando se forman los espectaculares pliegues que caracterizan la morfoestructura y paisaje de la región centroibérica, incluyendo los ejemplos que vemos en nuestro itinerario por los Montes de Toledo.

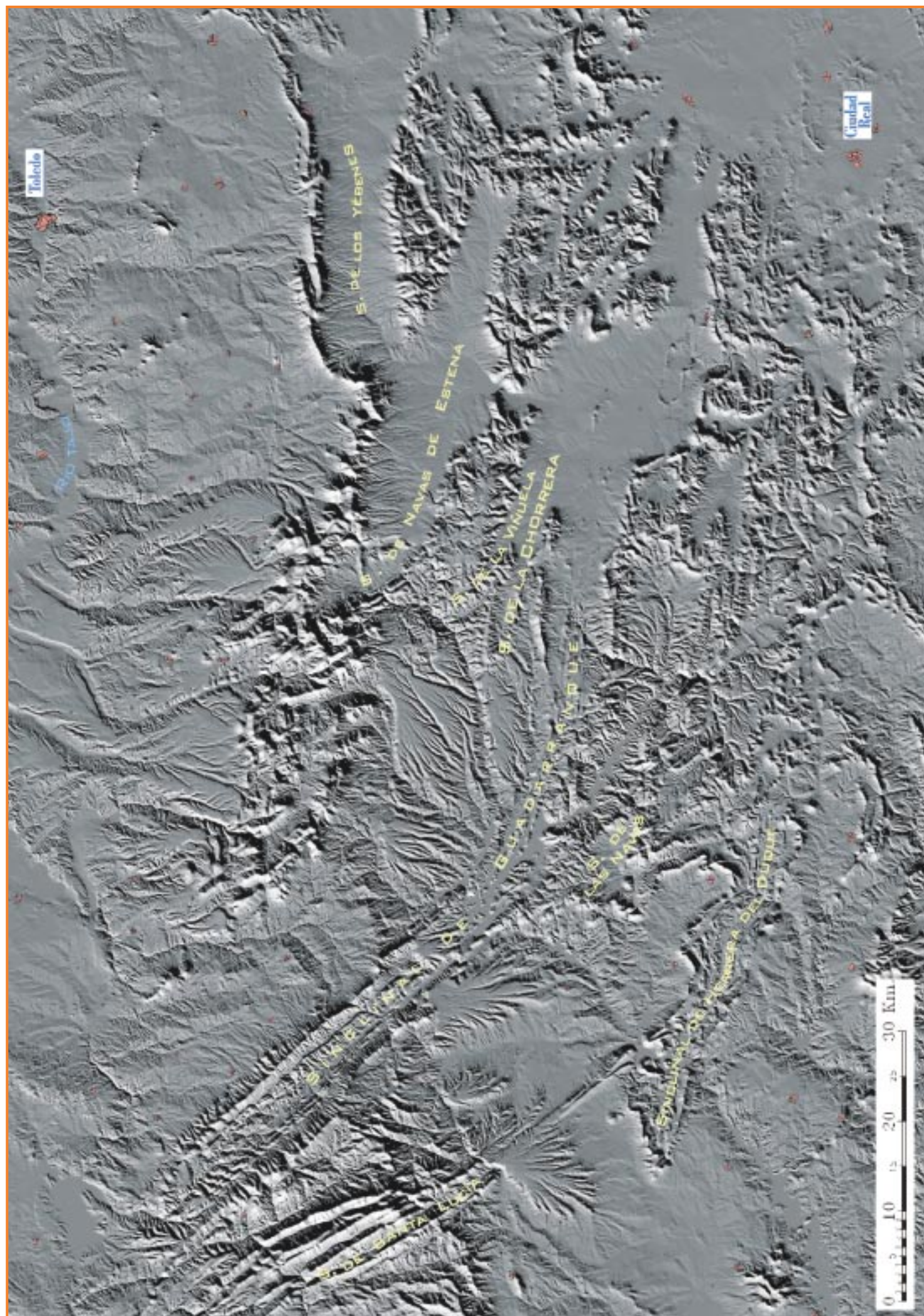
Los animales se acomodan
La aparición de pinchos y conchas defensivas permite una mejor protección de los animales.
540 Ma.

Los animales se mueven
El cuerpo de los animales se articula para desplazarse.
580 Ma.

La célula eucariota
Se desarrollan las primeras células con verdadera núcleo con cromosomas.
2.000 Ma.

Primer fósil
Unos microbios arcaicos forman los primeros fósiles: bacterias, algas, etcétera.
3.500 Ma.

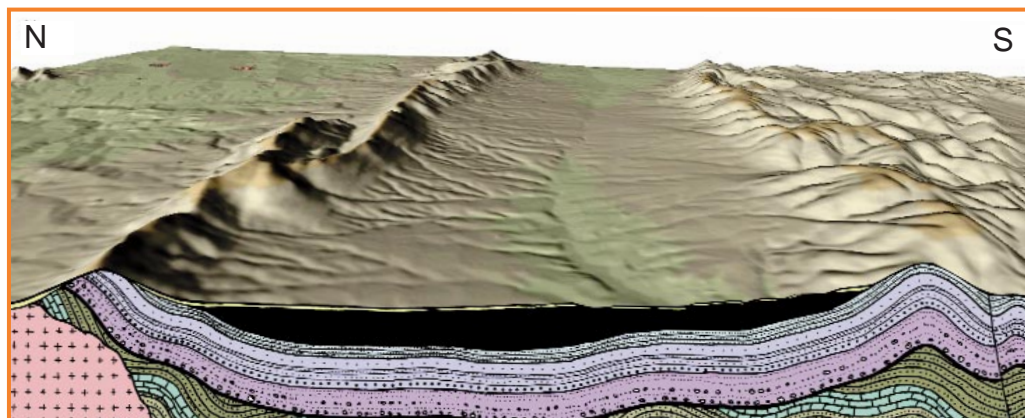






◀ Panorámica del Sinclinal de Los Yébenes (o de Algodor-Milagro), en una vista tomada hacia el oeste desde la parada 1. La alineación montañosa septentrional (a la izquierda) es la sierra del Castañar, en la que destaca el pico Amor (1.377 m). La de la derecha son las sierras de los Torneros y el Rebollarejo

Recreación digital de la vista anterior, a partir de un punto de observación más elevado, distinguiéndose, en el centro, el valle del río Milagro. La parte inferior representa un esquema geológico del sinclinal en la línea de corte, algo idealizado (complicaciones tectónicas omitidas). Los colores del Ordovícico se corresponden con la columna estratigráfica de la pág. 9. La unidad rosa de la esquina izquierda es el borde de la masa granítica de Ventas con Peña Aguilera. La unidad en verde es la Caliza de los Navalucillos (Cámbrico inferior, Marianense), que aflora al sur de San Pablo de los Montes, y que resulta ser algo más moderna que las Areniscas del Azorejo (visibles aquí justo por debajo del tramo calizo)



Desde el Puerto del Milagro, al sur de Las Ventas con Peña Aguilera (Toledo), se contempla una panorámica de casi 20 km hacia el este, del valle de los ríos Algodor y Milagro, ocupado por espectaculares rañas pliocuaternarias, y enmarcado por las sierras del Castañar, al norte, y de los Torneros y Rebollarejo, al sur. Estas sierras, con alturas que superan los 1.200 m, están formadas por paquetes duros de la Cuarcita Armoricana, que convergen hacia el centro del valle, bajo las rañas, configurando un pliegue cóncavo o *sinclinal*, originado por deformación dúctil de las rocas sedimentarias paleozoicas durante la Orogenia Hercínica o Varisca, hace unos 300 millones de años.

El pliegue que observamos recibe el nombre de Sinclinal de Los Yébenes, y está enmarcado por sendos *anticlinales*, o pliegues convexos, de los que el situado más al norte (Anticlinal de Sonseca) está desmantelado y ocupado por rocas graníticas intruídas en las postrimerías de la orogenia citada, transformando por tostación (*metamorfismo de contacto*) las rocas cuarcíticas y arcillosas paleozoicas encajantes. El anticlinal situado al sur (Anticlinal de Las Guadalerzas, o Rebollarejo), por el contrario, se conserva casi intacto en su terminación más próxima a nosotros, lo que también ocurre con la charnela anticlinal del macizo del Chorrito ya citado, en el área occidental del Parque Nacional de Cabañeros y que, al igual que el anterior, se ubica al nivel de la Cuarcita Armoricana.

El núcleo del Sinclinal de Los Yébenes, bajo la cobertera de rañas y (en su parte centro-oriental) del Terciario superior y terminal prolongación de la llanura manchega, está ocupado por pizarras arcillosas del Oretaniense inferior, donde se ubican los clásicos yacimientos fosilíferos del arroyo del Acebrón. Entre éstas y la Cuarcita Armoricana de las cumbres, aparecen las alternancias pizarroso-cuarcíticas de las Capas de Marjaliza, localidad situada en este mismo valle, próxima a la línea del horizonte.

El dispositivo formado por el relleno de amplios anticlinales, desventrados o no, y sinclinales, tanto desmantelados como *colgados*, configuran un estilo morfoestructural denominado impropriadamente "apalachiano" o "apalachense". El mismo fue definido hace casi un siglo en la cadena homónima de este de Norteamérica, pero el mejor conocimiento posterior de la estructura de los Apalaches, que en realidad forman un amplio cinturón de pliegues, cabalgamientos y despegues del sustrato, no se corresponde con la estructura de grandes pliegues que vemos en la Zona Centroibérica, aunque en cambio resulta bastante similar a la tectónica de despegue que presentan los materiales paleozoicos de la Zona Cantábrica del Macizo Hespérico.

Con todo, este peculiar estilo morfoestructural revela una prolongada historia erosiva, probablemente policíclica, en la que los procesos morfogenéticos recientes han tenido una intervención decisiva, sobre todo a partir de la crisis climática finiterciaria.

En la página contigua podemos observar los pliegues principales, definidos por las líneas de cumbres de la Cuarcita Armoricana, que caracterizan al sector meridional de la Zona Centroibérica. Se indican algunos de los sinclinales más notorios, correspondientes a pliegues erguidos, de plano axial subvertical o ligeramente volcado hacia el suroeste, los cuales alcanzan una notable continuidad lateral (de hasta cientos de kilómetros), bajo una orientación general noroeste-sureste.

El conjunto de pliegues paleozoicos está afectado por una tectónica de bloques limitados por fallas, con movimiento vertical y/o desgarramiento subhorizontal de neta componente sinistral (desplazamiento de los bloques meridionales hacia el este). Estos últimos accidentes son los más notables, debido al desplazamiento escalonado que provocan tanto en los ejes de pliegues principales, como en las alineaciones duras de cuarcita que constituyen sus flancos. La edad de la fracturación es posterior al plegamiento, pudiéndose considerar como *tardihercínica* sin descartar probables reactivaciones durante tiempos alpinos, o incluso más recientes, como denotan los afloramientos de aguas mineralizadas profundas, en parte termales ("*baños*"), conocidos en los alrededores del Parque Nacional.

Las Rañas constituyen piedemontes que arrancan de las alineaciones cuarcíticas, erosionadas diferencialmente en los flancos del pliegue, y rellenan de un modo casi continuo el núcleo del sinclinal. La débil incisión fluvial permite reconocer aquí su procedencia local, y también su morfología de abanicos aplanados. Estas suaves rampas pedregosas, tan características del centro y oeste de la Península Ibérica, coinciden en su génesis con la crisis climática del tránsito Terciario-Cuaternario, previa a la instalación de la red fluvial actual.

Otros depósitos visibles y característicos de las fases de clima frío del Cuaternario son los coluviones, formados por fragmentos de cuarcita desprendidos por gravedad y por acción del hielo-deshielo, que resultan visibles en las laderas de las alineaciones cuarcíticas. Los coluviones de fragmentos sueltos son los canchales o pedrizas (ocupan extensiones irregulares en las mayores pendientes), activos y con desplazamiento, que con el tiempo acaban siendo cubiertos por material más fino, sobre el que se fija la exuberante cubierta vegetal.

Parada 2 Retuerta del Bullaque: un museo icnológico “doméstico” en el corazón del sinclinal



Retuerta del Bullaque tiene su casco urbano emplazado en un altozano que asoma entre las rañas, condicionado por la resistencia a la erosión de las llamadas “areniscas de Retuerta”, que constituyen el núcleo local del Sinclinal de Navas de Estena. Dicha unidad se corres-

pone prácticamente con los materiales geológicos más modernos de la sucesión paleozoica conservada en el entorno septentrional y en el interior del Parque Nacional (Sinclinal de La Chorrera). Sus areniscas cuarcíticas representan sedimentos depositados durante las grandes tempestades ocurridas en el Dobrotiense superior, y que se continúan aquí con escasos metros de pizarras del Berouniense, ya dentro del Ordovícico Superior.

Pero hemos iniciado esta aproximación geológica prometiendo conocer el pasado marino de Cabañeros y, por extensión, de los Montes de Toledo. La naturaleza y peculiaridades del mismo se investiga normalmente estudiando los antiguos sedimentos transformados hoy en día en roca dura, pero resultan más fáciles de comprender por el profano si nos atenemos a los fósiles que contienen, de indudable procedencia marina.

Los vestigios fosilizados más abundantes y característicos del entorno de Cabañeros radican en las sierras y macizos montañosos formados por las ubicuas unidades cuarcíticas del Ordovícico Inferior. La más notoria de todas ellas es la llamada Cuarcita Armoricana del Arenigiense medio (en torno a los 465-470 millones de años de antigüedad), de donde derivan los canchales o pedrizas visibles en las laderas más empinadas de los montes. También gran parte de los fragmentos de cuarcita englobados en las rañas son de Cuarcita Armoricana, y por tanto susceptibles de contener fósiles.

Por su consistencia y facilidad de recolección, muchos de estos *pedruscos* de cuarcita, liberados por las rañas y canchales, terminan siendo utilizados en la construcción de casas y vallados por toda la zona. Sus habitantes no suelen dar importancia a la presencia de fósiles, salvo en contadas ocasiones en que las piedras llegan a utilizarse con fines ornamentales, por parte de escasas personas que valoran y homenajean a su modo a estos testigos del tiempo. Un caso notable de perseverancia y curiosidad es la casa que visitamos en Retuerta del Bullaque, de reciente y magnífica construcción artesanal, en la que su propietario ha engastado selectivamente en los muros de piedra cuarcitas fosilíferas del Ordovícico Inferior. Las mismas contienen un muestrario bastante completo e informativo de la diversidad de *icnofósiles* de la Cuarcita Armoricana, en el que destacan ejemplares en excelente estado de preservación. El consiguiente “museo” al aire libre lo entendemos como de obligada visita, ya que ésta es muy cómoda y nos introduce a la observación *in situ* de los mismos icnofósiles, objetivo parcial de nuestro recorrido a pie por el Parque Nacional.

Hay que resaltar que estos vestigios de actividad biológica, conservados en las cuarcitas, en ningún caso corresponden a restos propiamente dichos de organismos, dado que las conchas, caparazones o partes duras en general, no llegan a fosilizar por tratarse de sedimentos de grano grueso y quimismo fuertemente ácido. Por el contrario, lo que representan realmente son las *señales* fosilizadas de la actividad de estos mismos seres sobre el fondo o en el interior del sedimento marino. Tales *icnofósiles* no aparecen asociados casi nunca con los restos de los organismos generadores de sus trazas, por lo cual y en la mayor parte de los casos, su productor permanece desconocido. Sin embargo, ilustran fehacientemente el tipo de actividad (comer, guarecerse, desplazarse, excavar) y el *comportamiento* (individual o colectivo)



Esquema del sinclinal de Navas de Estena a la altura de Retuerta del Bullaque (pueblo en el centro; noreste a la derecha). Los colores del Ordovícico se corresponden con la columna estratigráfica de la pág. 9



Vista general de la “casa icnológica” (arriba), y detalles de los bloques con icnofósiles engastados en sus muros (sobre estas líneas)

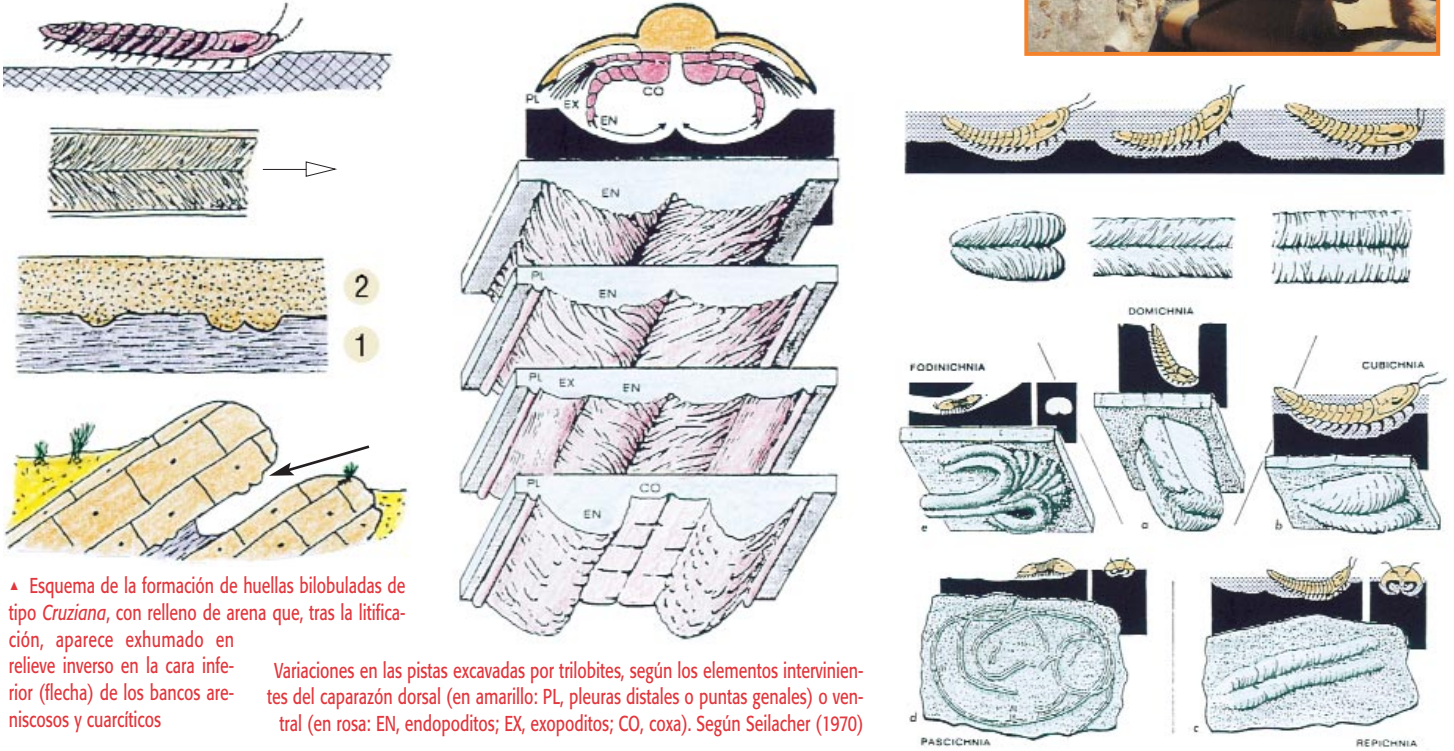
de un amplio cortejo de animales de los que, de otro modo, jamás tendríamos evidencias de su existencia (por ejemplo, gusanos marinos o seres sin partes duras fosilizables).

Las asociaciones de icnofósiles de la Cuarcita Armoricana (Ordovícico inferior) se hallan dominadas notablemente por la pista de reptación de artrópodos llamada *Cruziana*. Ésta se caracteriza por presentar dos lóbulos paralelos en relieve, ornados por crestas oblicuas, que corresponden a las estrías dejadas por los apéndices locomotores de artrópodos desconocidos, tratándose muy probablemente de trilobites. Las huellas fueron trazadas abriendo un doble surco en sedimentos arcillosos de cierta cohesividad, bien directamente sobre el fondo, o bien excavando bajo sedimentos blandos (movedizos y embebidos en agua), hasta alcanzar una cota más consistente donde las marcas pueden perdurar. El relleno posterior de estas huellas por arenas limpias y bien calibradas, y su litificación final, hacen que el doble surco de *Cruziana* se conserve hoy en día moldeado en relieve inverso en la cara inferior de los estratos de cuarcita. De la abundancia de *Cruziana* en algunos lugares del Parque Nacional, deriva muy probablemente el topónimo “Espinazo del Can”, aplicado al puerto montañoso situado a medio camino entre Retuerta del Bullaque y Horcajo de los Montes, a la altura de la casa y vértice de Cabañeros (934 m).

El registro icnológico se centra preferentemente en las alternancias de estratos duros y blandos (cuarcitas-pizarras), dado que



Diversos bloques con ejemplares del icnofósil *Cruziana*, correspondientes al moldeado en arena de un surco doble excavado en un sedimento más fino, presuntamente por trilobites y otros artrópodos marinos. En el interior de cada surco (conservado en relieve inverso) se aprecian las marcas oblicuas dejadas por los apéndices del animal (endopoditos en el caso de trilobites). A la derecha, "Trilo" nos muestra el emplazamiento del bloque con *Cruziana* reproducido en la portada de esta guía



▲ Esquema de la formación de huellas bilobuladas de tipo *Cruziana*, con relleno de arena que, tras la litificación, aparece exhumado en relieve inverso en la cara inferior (flecha) de los bancos areniscos y cuarcíticos

Variaciones en las pistas excavadas por trilobites, según los elementos intervinientes del caparazón dorsal (en amarillo: PL, pleuras distales o puntas genales) o ventral (en rosa: EN, endopoditos; EX, exopoditos; CO, coxa). Según Seilacher (1970)



Daedalus halli (Rouault) en sección transversa (arriba) o en relieve pleno (centro y derecha) es un cono simple, formado a partir de un tubo en J que penetra el sustrato arenoso en la vertical. A la izquierda, la icnoespecie *D. desglandi* (Rouault) se caracteriza por un desarrollo helicoidal más complejo

Parte superior: esquema de las técnicas de excavación según la posición del cuerpo, en un animal con patas anteriores más desarrolladas que las posteriores (variación segmental). Se consideran posiciones isoclínicas (horizontal, izquierda), opistoclínicas (cabeza arriba, centro) y proclínicas (cabeza abajo, derecha), así como sus icnofósiles resultantes. La parte inferior corresponde a distintas actividades y comportamientos posibles, reflejados en las huellas (variación etológica) por los artrópodos generadores de *Cruziana* y *Rusophycus*: a, huella de morada; b, idem. de reposo; c, locomoción; d, alimentación; e, combinación compleja de alimentación y morada. Según Seilacher (1970)

éstas incrementan mucho las posibilidades de fosilización episódica de las señales de actividad biológica. Además de *Cruziana*, debemos mencionar otras pistas horizontales como *Monomorphichnus* y *Diplichnites* ("arañazos" paralelos o en doble serie asimétrica, respectivamente, que corresponden a marcas de desplazamiento lateral de artrópodos sobre el sustrato), *Rusophycus* (huella ovalada de reposo de trilobites) o *Didymaulichnus* (pequeña pista bilobulada de superficie lisa), acompañados por un amplio cortejo de huellas dejadas por seres vermiformes desconocidos, de cuerpo blando y gran movilidad, como por ejemplo *Planolites* y *Palaeophycus* (huellas tubulares cortas, con relleno igual o diferente a la roca matriz), o bien *Arthropycus* (túneles de sección cuadrangular y corrugación transversa). En otros tramos de la sucesión del Ordovícico Inferior predominan, por el contrario, las estructuras biogénicas verticales, siendo las más frecuentes *Skolithos* (agrupaciones de tubos rectos que pueden superar el metro de longitud, e intersectan estratos sucesivos), *Monocraterion* (similar a *Skolithos*, pero revestido por mucus y con terminación superior cónica) y *Daedalus* (estructura cónica compleja, generada a partir de una excavación tubular en forma de "J" desplazándose por el interior del sedimento arenoso, y que se reconoce normalmente en secciones paralelas al plano de estratificación).

Parada 3 Por fin Cabañeros: el Boquerón del Estena

La sección geológica del arroyo del Chorrillo al sur de Navas de Estena (Ciudad Real) y, sobre todo, el valle encajado del río Estena con el que el cauce anterior confluye en el paraje de "El Boquerón" (llamado así por la unión de los dos valles), constituye una de las zonas más desconocidas y accesibles del Parque Nacional. Tanto es así, que artículos aparecidos en la prensa nacional lo han calificado como "el otro Cabañeros", por diferir tanto de la imagen habitual del Parque formada por los paisajes de la raña, llevados también a nuestra portada.



Las Torres del Estena, formaciones columnares de piedra que evidencian una pequeña falla erosionada con relieve diferencial

El Boquerón del Estena es un hermoso lugar tapizado de jarales y carrascas, donde se mezclan numerosos relictos de vegetación atlántica, tanto arbórea como arbustiva. En época otoñal se torna un valle multicolor, al igual que todo el bosque mediterráneo de zonas montañosas, el cual tiene su "fecha mágica" de esplendor en la segunda semana de noviembre. La misma ha sido resaltada públicamente por el director del Parque Nacional, como el momento cuando "los rebollos se vuelven dorados; los

mostajos, púrpura, y los arces y cornicabras se ponen de color rojo".

Desde el punto de vista geológico, la sección que forma el Arroyo del Chorrillo y el río Estena resulta excepcional por muchas razones. La primera es el corte que ofrece, en magníficas condiciones de afloramiento y continuidad, de los conjuntos litológicos más representativos del Cámbrico basal y Ordovícico Inferior a Medio en toda la región. La segunda de las razones es la abundancia de icnofósiles preservados *in situ*, lo que posibilita establecer el rango bioestratigráfico del registro icnológico y su datación relativa. La tercera es el espectacular afloramiento de la llamada Discordancia Toledánica, uno de los más impresionantes testimonios de la tectónica anteordovícica a escala europea.

Nuestro itinerario lo hemos planificado para reconocer tan sólo una parte de esta importante sección, precisamente la más accesible por aprovechar el trazado de una carretera inacabada, que partiendo de Navas de Estena debía de alcanzar Horcajo de los Montes según el proyecto original.

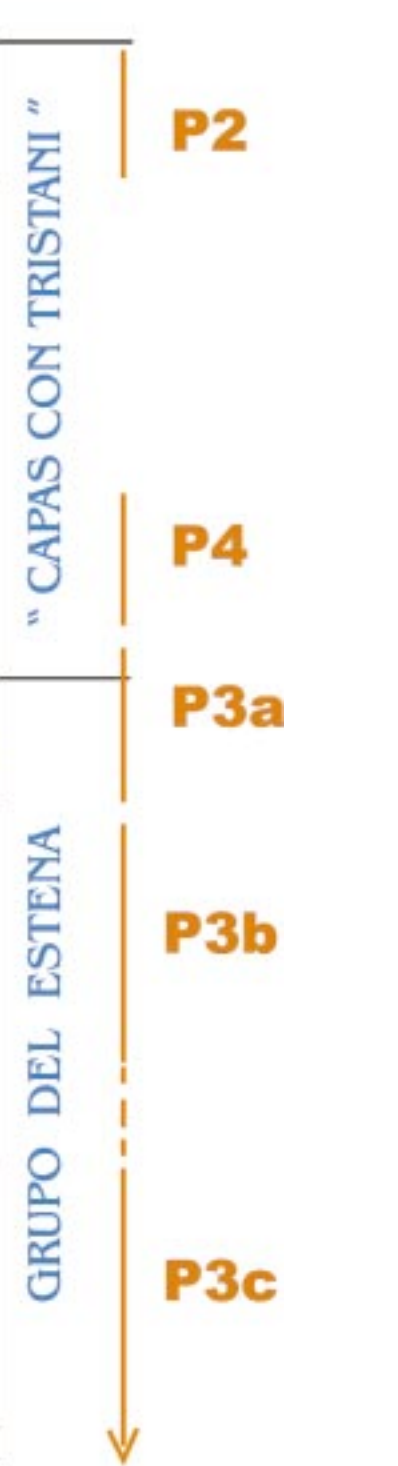
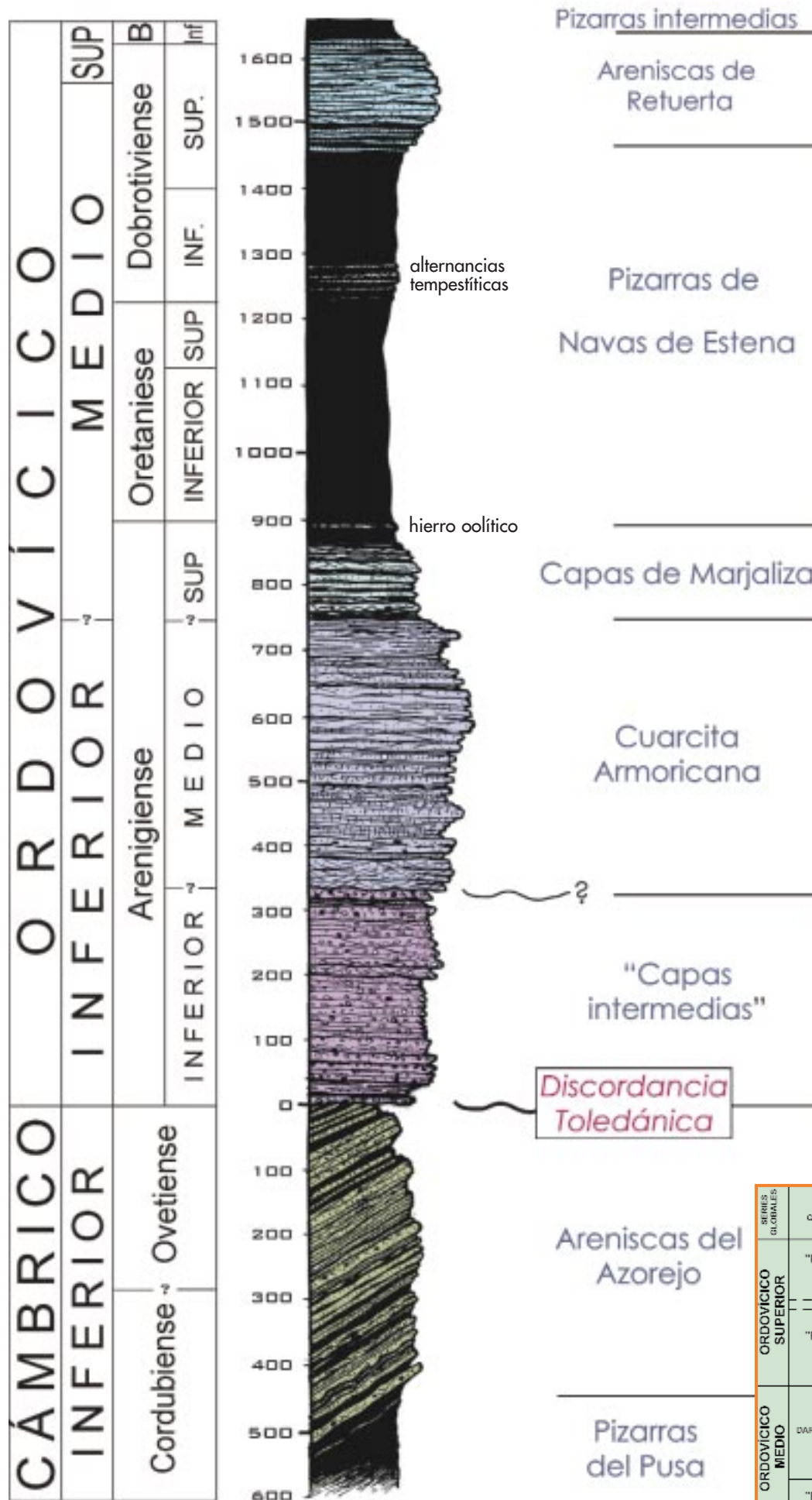
El recorrido comienza en la parte basal de la unidad de pizarras oscuras del Ordovícico Medio (Pizarras de Navas de Estena en la columna estratigráfica de la página siguiente, a la altura de "3a") y prosigue con las alternancias cuarcíticas de las Capas de Marjaliza. Después de vadear el arroyo del Chorrillo, enseguida nos adentramos en la confluencia del río Estena con su tributario. Se trata del paraje de "El Boquerón" propiamente dicho, desde donde iniciamos la contemplación de las gruesas capas cuarcíticas de la Cuarcita Armoricana, y de los canchales procedentes de ellas. En este punto nos detendremos a curiosear también en las llamadas "Torres del Estena", que sorprenden por tratarse de unas formaciones columnares de piedra muy celebradas por los excursionistas, y cuya fotografía aparece en casi todas las guías del Parque Nacional.

En realidad, las susodichas "Torres" no son sino los vestigios de un accidente geológico sin apenas importancia: se trata de la simple milonita (fragmentos acumulados en la zona de fricción) de una modesta falla de dirección suroeste-nordeste, fuertemente cementada y preservada por erosión diferencial. Si nos alejamos de ella y tomamos perspectiva, enseguida observaremos que las



Izquierda, paquete principal de la Cuarcita Armoricana en el Boquerón del Estena. A la derecha, niveles terminales de la misma unidad, y detalle de diversos planos con icnofósiles en ese sector (*Rusophycus* y *Cruziana*)





Columna estratigráfica del Paleozoico en la sección geológica del Boquerón del Estena. P2, P4, P3a, etc. corresponden a los rasgos estratigráficos de las paradas previstas. A la derecha, tabla de equivalencias entre las unidades cronoestratigráficas globales (en construcción) y las escalas regionales nordgondwaniense y avalónica (según Gutiérrez-Marco *et al.*, 2002)

| SERIES GLOBALES | PISOS GLOBALES | PISOS Y SUBPISOS PARA EL NORTE DE GONDWANA | SERIES Y PISOS BRITÁNICOS REVISADOS (AVALONIA) |
|-------------------|------------------|--|--|
| ORDOVÍCO SUPERIOR | "PISO 6" | KOSOVIANENSE | Hirnantianense |
| | "PISO 5" | KRALODVORIENSE | Rawtheyense |
| | | Superior (Bohdatciense) | Gautheyense |
| | | Medio (Lodeniciense) | Pushillense |
| ORDOVÍCO MEDIO | DARRIWILLIANENSE | Superior (Chlorocladocense) | Stratfordianense |
| | | DOBROTIVIANENSE | Cheneyense |
| | | Oretaniense | Burrellianense |
| | | Superior | Aureliense |
| ORDOVÍCO INFERIOR | "PISO 3" | Superior | Llandeilianense |
| | | Medio | ? |
| | | Inférieur | Aberdeilleanense |
| | | "ARENIGIANENSE" | Fennianense |
| ORDOVÍCO INFERIOR | "PISO 2" | Superior | Whitlandianense |
| | | Medio | Moridunianense |
| | | Inférieur | Migneintianense |
| | | Tremadocianense | Cressagianense |

“Torres” componen una serie de vestigios alineados, a modo de las ruinas de una muralla imaginaria de *opus caementicium* (hormigón romano) de baja calidad. Ésta revelaría precisamente el trazado de la falla, cuya roca milonítica comprende fragmentos de cuarcita brechificados por la fricción, con frecuentes impregnaciones de minerales de manganeso de hábito dendrítico (esencialmente pirolusita). Tales dendritas son hasta tal punto frecuentes y curiosas, que en algunas guías constan erróneamente como “hojas de helechos fosilizadas”.

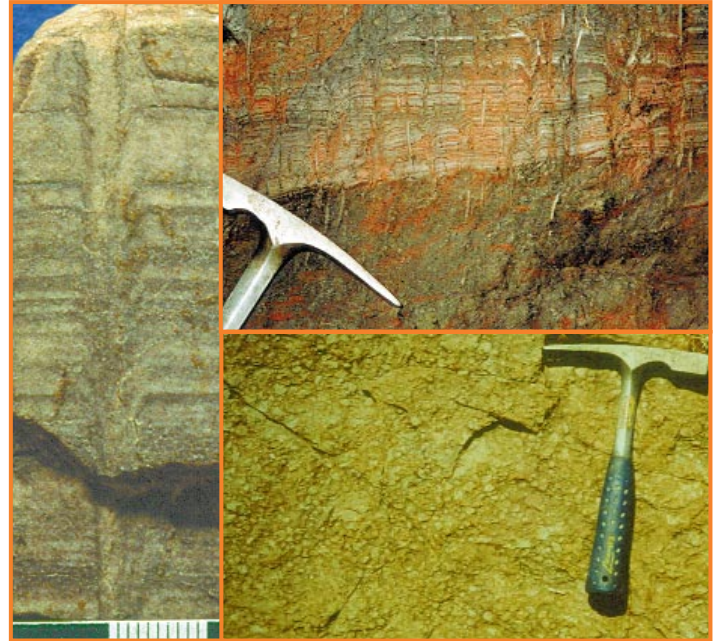
A lo largo de nuestro recorrido por la Cuarcita Armoricana, siempre avanzando en el sentido de la mayor antigüedad (columna estratigráfica, sector 3ba 3c), veremos también distintos argumentos sedimentológicos que demuestran que el depósito original del material arenoso tuvo lugar en condiciones marinas progresivamente más someras (profundizando, de techo a muro, en el tiempo geológico), hasta llegar incluso a un episodio de emergencia.

Antes de llegar a este punto, se produce el cruce obligado del río Estena por un portillo o angostura, momento en el que aprovecharemos para reconocer algunos icnofósiles *in situ* como *Cruziana*, además de niveles plagados de *Skolithos*, que perforan y alteran la laminación sedimentaria en el interior de los estratos.

El paso a las “Capas Intermedias” del Arenigiense inferior, la unidad más antigua del Ordovícico en la región (columna estratigráfica, 3c), supone un cambio brusco en la coloración general de las rocas (que de tonos claros pasan a ser predominantemente rojizas e incluso purpúreas), con la aparición de sedimentos mucho más gruesos (incluyendo niveles conglomeráticos), y con una restricción final del registro icnológico a abundantes niveles de *Skolithos* deformados por la refracción de la esquistosidad.

La sucesión ordovícica desaparece bruscamente en un punto donde las areniscas y pizarras interrumpen su inclinación habitual y se apoyan sobre una unidad completamente verticalizada. Se alcanza así una discordancia angular, que supuso el plegamiento

y erosión de los materiales ahora verticales, previa al depósito de los sedimentos ordovícicos. El plano de la discordancia representa, por lo tanto, una superficie de arrasamiento erosivo, en su momento horizontalizada, antes de que se produjera la sedimentación ordovícica. Tal discordancia está muy extendida por las distintas regiones que formaron parte de la plataforma marina en torno a *Gondwana*, y tiene uno de sus mejores puntos de observación a nivel europeo en esta sección. Por ello ha recibido el nombre de Discordancia Toledánica. Anteriormente había sido comparada de forma errónea por muchos geólogos con la “discordancia Sárdica” de la isla de Cerdeña, que separa en realidad conjuntos diferentes *dentro* del Ordovícico, no entre el Ordovícico



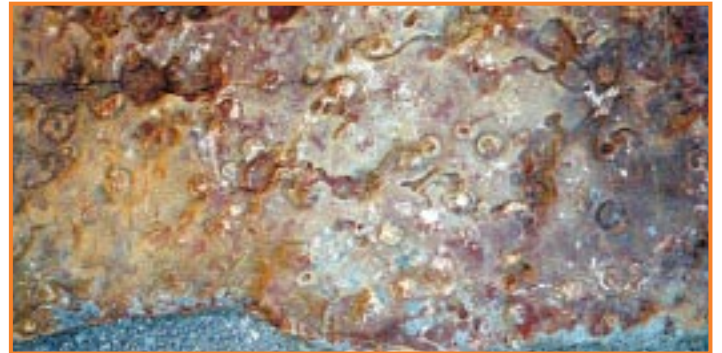
Tubos verticales de *Skolithos* penetrando en el sedimento y deformando hacia abajo la laminación horizontal interna de los estratos de Cuarcita Armoricana (izquierda y arriba). Sobre estas líneas, agrupaciones del mismo icnofósil en el plano de estratificación



Alternancia pizarroso-cuarcítica de las “capas intermedias” con niveles de *Skolithos* deformados por refracción de la esquistosidad



Didymaulichnus, una pequeña pista bilobulada de superficie lisa



Secciones de *Monocraterion* en el plano de estratificación. Bloque en la “casa icnológica”



Arthropycus linearis Seilacher, correspondiente a estructuras intraestratales (túneles horizontales) con relleno activo y constricciones transversas. Se atribuyen a “gusanos” desconocidos que se alimentan dentro de la arena



Discordancia Toledánica, una discordancia de tipo angular generalizada en todo el suroeste de Europa entre los materiales del Ordovícico Inferior (inclinados a la derecha en la foto) y el sustrato preordovícico (Neoproterozoico-Cámbrico), representado aquí por las Areniscas del

Azorejo (en capas verticales, parte izquierda de la foto). Esta discordancia preordovícica tiene uno de sus mejores puntos de observación a escala continental en el lugar de la fotografía, que se localiza en el río Estena, 250 m. aguas arriba de su confluencia con el arroyo del Maíllo. En la foto de la derecha, detalle del plano de la discordancia a nivel del camino

co y su sustrato previo. La discordancia preordovícica marca una frontera según la cual la sucesión de las Capas Intermedias + Cuarcita Armoricana, llega a apoyarse sobre distintos términos de las sucesiones neoproterozoicas y cámbricas, según las región considerada.

En el Boquerón del Estena, la parte más alta (y próxima a nosotros) de la sucesión preordovícica está formada por las llamadas Areniscas del Azorejo (Cámbrico inferior), que poseen el interesante contenido icnológico que se detalla en la página 12.

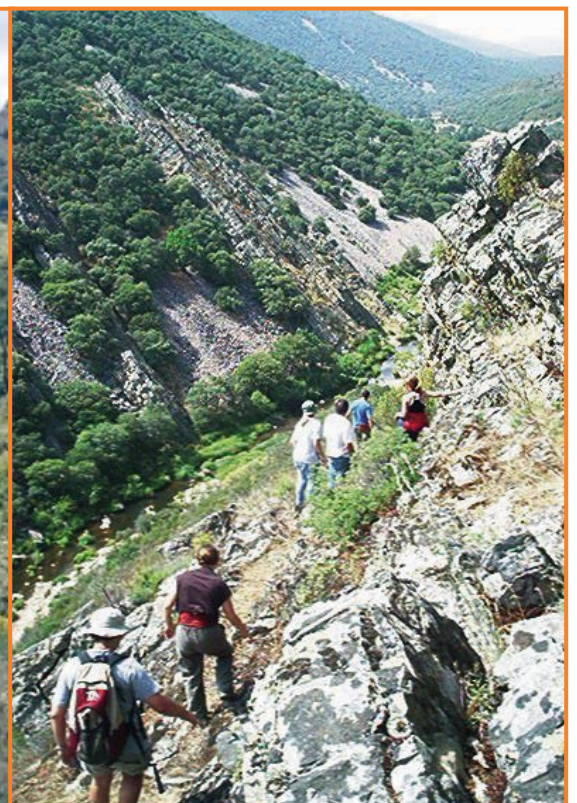
Al punto de alcanzar el tránsito de esta unidad a las Pizarras del Pusa infrayacentes, nuestro camino termina bruscamente en la alambrada de un coto de caza.

El viaje de regreso ofrece la posibilidad de contemplar el orden normal de la sucesión estratigráfica (de más antiguo a más moderno), recapitulando la sucesión temporal de los principales acontecimientos geológicos:

- sedimentación marina de un sustrato anteordovícico: de él hemos visto las Pizarras del Pusa y las Areniscas del Azorejo; pero más al norte afloran también calizas (san Pablo de los Montes) e incluso una unidad superior de areniscas (Areniscas de Los Cortijos de Malagón), habiéndose depositado todo este conjunto en el Cámbrico inferior.
- Basculamiento y plegamiento de toda la zona con posterioridad al Cámbrico inferior, lo que conduce a la emersión y a la denudación erosiva del conjunto preordovícico antes del Arenigiense inferior.
- Transgresión marina del Arenigiense inferior, con un impulso renovado en el Arenigiense medio y otro en el Oretaniense basal. Los ambientes implicados entre estos tres pulsos transgresivos, detectables por variaciones en la tasa de sedimentación o incluso por interrupciones sedimentarias difíciles de

cuantificar, se marcan por una tendencia general hacia ambientes progresivamente más profundos y alejados de la costa. Así, desde unas "Capas Intermedias" de influencia continental, se pasa a la sucesión típicamente litoral de la Cuarcita Armoricana y las Capas de Marjaliza. Estas últimas suponen un tránsito hacia ambientes más profundos de la plataforma, reflejada en el tercio inferior de las Pizarras de Navas de Estena, a resultas de una nueva transgresión de alcance global coincidente con el piso Darriwiliense (antiguamente llamada "transgresión del Llanvirn").

Nuestra sección termina, por tanto, donde la habíamos empezado, en las Pizarras de Navas de Estena, cerca de cuya base se localiza un horizonte de hierro sedimentario de pequeño espesor. Éste separa el ciclo sedimentario del Arenigiense superior (Capas de Marjaliza + pizarras de muro), del ciclo Oretaniense, donde los icnofósiles de organismos sermentívoros y el registro fósil de invertebrados pasa a ser muy abundante y variado. Todo ello se verá con mayor detalle en la Parada nº 4.



Izquierda, paisaje en el itinerario del Boquerón del Estena; derecha, aspecto de una práctica de campo de la asignatura de Paleontología en la Cuarcita Armoricana sobre el valle del mismo río

El Cámbrico y sus icnofósiles

Los materiales preordovícicos, de la parte visitable del Boquerón del Estena, se encuentran representados por las Pizarras del Pusa y las Areniscas del Azorejo. La primera de estas unidades es la más antigua de las dos, y consiste en una sucesión monótona de limolitas gris verdosas, con laminación paralela persistente, e intercalaciones de bancos de areniscas grauváquicas del mismo color, que aumentan en frecuencia y espesor hacia techo de la unidad. La potencia visible en el área considerada no sobrepasa los 600 m. Desde el punto de vista paleontológico, las Pizarras del Pusa, contienen en su mitad inferior diversos niveles con icnofósiles y microfósiles de pared orgánica, que generalmente son considerados próximos al límite Proterozoico/Cámbrico. La distinción de este límite se sitúa convencionalmente en el primer registro estratigráfico de señales de actividad compleja producidas por organismos en el sustrato, combinadas con la aparición de ciertas evidencias de caparzones esclerotizados (como señales debidas a patas de artrópodos), en un momento en el que todavía no existen restos directos de tales organismos (la mineralización de los esqueletos y sus primeros fósiles ocurre algo más tardíamente). Las Pizarras del Pusa son una de las unidades clave para estudiar esta transición a escala de Europa continental y son por ello mundialmente conocidas, ya que en la región de las Villuercas coexisten, en la parte inferior de la unidad, icnofósiles cámbricos con microfósiles de pared orgánica de aspecto "precámbrico terminal", o incluso con megafósiles problemáticos, principalmente megavesículas atribuidas a cianobacterias coloniales.

Las Areniscas del Azorejo suprayacentes consisten en areniscas cuarcíticas pardas o amarillentas dispuestas en bancos, alternando con lutitas y limolitas más oscuras y raras lentejones carbonatados. En las areniscas se reconocen frecuentes estructuras sedimentarias propias de ambientes costeros (rizaduras de oleaje o de corriente y estratificaciones cruzadas), así como abundantes señales de actividad biológica (pistas y huellas). El espesor aumenta desde los 500 m medidos en el entorno del Boquerón del Estena, hasta más del doble al sur de Ciguñuelas. Sus asociaciones icnoló-

gicas suman a casi todas las formas identificadas en la unidad infrayacente, frecuentes trazas perpendiculares u oblicuas a la estratificación (tubos cortos de *Skolithos*, *Diplocraterion* y *Monocraterion*). También aparecen huellas bilobuladas de artrópodos de pequeño tamaño, bien pis-tas (*Cruziana*) o marcas de reposo (*Rusophycus*), y pis-tas unilobuladas complejas (*Psammichnites*). Con todo, el icnofósil más distintivo de estas areniscas es sin duda *Astropolichnus hispanicus*, interpretado como la huella de

anclaje de un celentéreo de hábitos parecidos a los de determinadas anémonas marinas actuales, que viven semienterradas en sustratos arenosos firmes. *Astropolichnus* es una estructura anular ornada por crestas radiales, que a su vez se disponen en torno a un área central deprimida o cilíndrica; su aparición en el registro estratigráfico es utilizada para fijar la base del piso Ovetiense (Cámbrico inferior), ya que coincide con la aparición de los fósiles de trilobites más antiguos. Tanto el Ovetiense como el Cordubiense que le precede, son pisos de la escala cronoestratigráfica mediterránea derivados de estratotipos españoles (y de los nom-

bres romanos de Oviedo y Córdoba, respectivamente). El Cordubiense representa el Cámbrico basal "pre-trilobítico", que en el Parque se manifiesta por las Pizarras del Pusa y parte de las Areniscas del Azorejo, justo hasta la aparición de *Astropolichnus* (que inicia el Ovetiense).

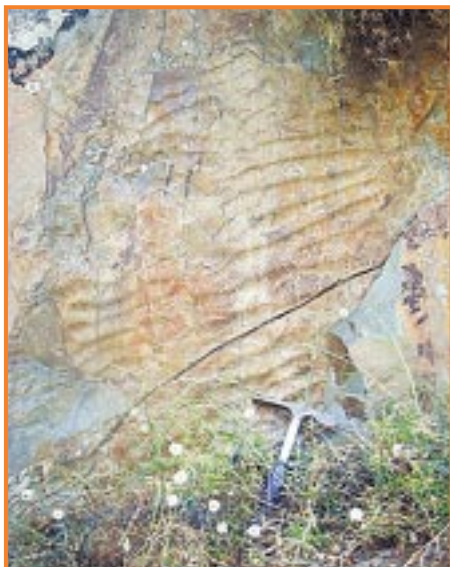
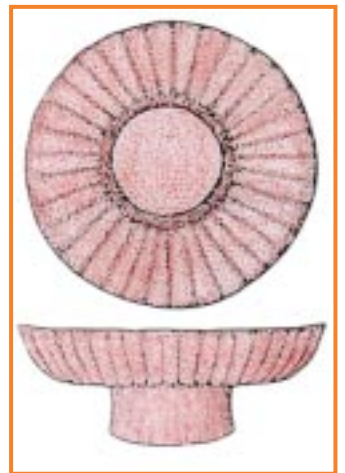
Reconstrucción esquemática de *Astropolichnus hispanicus* en vistas basal y lateral, mostrando el cilindro axial de anclaje (según Pillola et al., 1994)



Ejemplar de *Psammichnites* en un mismo banco cuarcítico con *Astropolichnus*. Areniscas del Azorejo



Ejemplar en relieve inverso de *Astropolichnus hispanicus* (Crimes, Legg, Marcos y Arboleya)



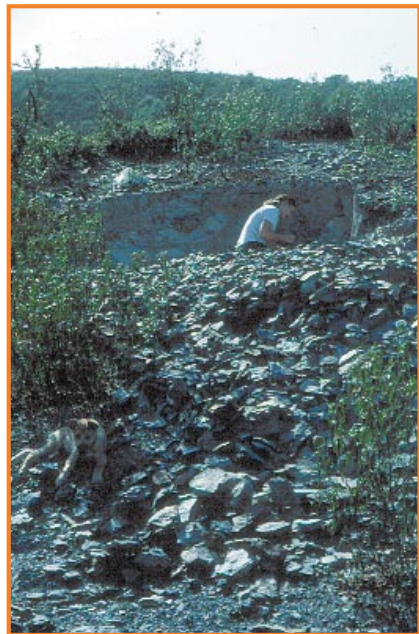
Rizaduras de corriente ("ripple marks"), correspondientes a ambientes marinos someros, conservadas en la superficie de un estrato perteneciente a las Areniscas del Azorejo



Dos ejemplares de *Astropolichnus hispanicus* (Crimes, Legg, Marcos y Arboleya), icnofósil característico de las Areniscas del Azorejo (Cámbrico inferior). Corresponde a la huella de anclaje de un celentéreo, similar a las modernas anémonas de arena, y es típico de los ambientes intermareales y submareales del Ovetiense en todo el suroeste de Europa y Terranova

Parada 4 Fósiles de las pizarras de Navas de Estena

Las Pizarras de Navas de Estena representan una unidad de lutitas arcillosas masivas de gran espesor (500-600 m en el sinclinal homónimo) y muy fosilíferas, cuyas únicas particularidades litológicas dignas de mención son la intercalación de un delgado horizonte de hierro sedimentario cerca de la base, y la aparición en la mitad superior de alternancias arcilloso-limolíticas relacionadas con tormentas. El abundante registro paleontológico ha permitido datar con gran precisión los distintos tramos de la unidad de pizarras, correspondientes a los pisos Oretaniense y Dobrotiviense del Ordovícico medio mediterráneo, el primero de los cuales tiene su estratotipo internacional al oeste de Navas de Estena, en la llamada



Excavación paleontológica en un horizonte fosilífero de las Pizarras de Navas de Estena



Arriba, horizonte de hierro sedimentario en la base de las Pizarras de Navas de Estena, que originalmente debió de tener una textura oolítica como en el detalle de la fotografía inferior, procedente de una capa correlacionable en el noroeste de España (escala en mm)

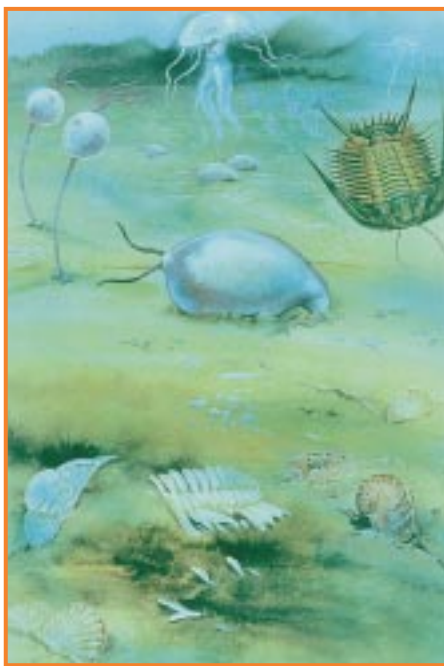
Cuesta de Valderuelo. Se trata de una sección protegida por el cerramiento de una finca particular, que corresponde al punto con mayor continuidad estratigráfica (a partir del hierro basal) entre horizontes fosilíferos sucesivos del Oretaniense inferior, Oretaniense superior y Dobrotiviense inferior. Por su interés científico, se hace preciso reservar este paraje para trabajos de investigación exclusivamente, dado que en el entorno de Navas de Estena existen otros muchos yacimientos, más prolíficos incluso, donde la recogida de fósiles perjudica poco futuros estudios. Ello se debe a que los restantes puntos se ubican en

posiciones estratigráficas alteradas por la tectónica que afecta al sinclinal, y carecen por ello de un contexto bioestratigráfico preciso.

El registro paleontológico de las Pizarras de Navas de Estena reúne más de 250 especies de trilobites, graptolitos, moluscos (bivalvos, gasterópodos, cefalópodos, rostroconchas e hiolítidos), braquiópodos (articulados e inarticulados), equinodermos (diplopóridos, homalozoos, crinoides y ofiuroides), conuláridos, briozoos y ostrácodos, además de otro medio centenar de microfósiles orgánicos (quitinozoos y acritarcos), estos últimos mal conservados como consecuencia del leve metamorfismo regional que afecta a las rocas.

Entre los fósiles más comunes de las pizarras merecen una mención destacada los trilobites, artrópodos marinos de caparazón articulado y dividido en tres lóbulos (a lo cual alude su nombre) que, por sufrir mudas periódicas de su exoesqueleto, produjeron en vida numerosos restos susceptibles de ser conservados como fósiles. La mayoría de éstos corresponden por tanto a *exuvios* más o menos disgregados en partes del cefalón (región cefálica), tórax y pigidio (pieza caudal). Las formas de trilobites más abundantes en los yacimientos del Parque son los calymenáceos, entre los que resalta el género *Neseuretus*. De una de sus especies, *Neseuretus tristani*, deriva el nombre tradicional aplicado al conjunto de los materiales del Ordovícico medio en la región centroibérica ("Capas con Tristani"). También hay otros trilobites frecuentes, como los asáfidos (*Nobiliasaphus*, *Isabelinia*, *Asaphellus*), los queirúridos (*Placoparia*) o los ilénidos (*Ectillaenus giganteus*).

Entre los braquiópodos dominan notablemente los órtidos, que presentan una costulación radial prominente en los moldes externos de sus valvas; entre los equinodermos los cistídeos diplopóridos, organismos sésiles piriformes con un esqueleto de placas perforadas por múltiples canales; y entre los moluscos, los bivalvos que vivían total o parcialmente enterrados en el sedimento, como *Redonia* (de valvas muy convexas y con un tabique interno próximo al extremo anterior), *Coxiconcha* (en forma de almendra, con pares múltiples de músculos umbonales) o *Praenucula* (de perfil arriñonado y valvas articuladas mediante una hilera de dientecillos diminutos).



Paisaje del fondo marino ordovícico, con trilobites, equinodermos, braquiópodos, cnidarios y un monoplacóforo de concha arrollada en espiral. La reconstrucción está hecha para el Ordovícico de Bohemia, igualmente en el ámbito perigondwánico



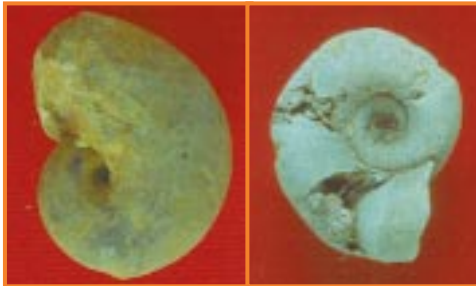
Ectillaenus giganteus (Burmeister), un trilobites ilénido fotografiado in situ con un antiguo "duro" como escala (arriba). Debajo, otro ejemplar de la misma especie que aparenta ser gigantesco, como lo indica su nombre, en relación al tamaño del martillo. No obstante, en este caso se trata de una pequeña broma (con la escala de un martillo-llavero), y el trilobites tiene la longitud (10-15 cm) habitual en la especie



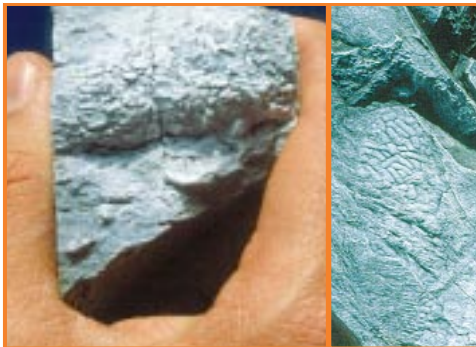
De arriba abajo, *Babinka prima* (Barrande) y *Coxiconchia britannica* (Rouault), dos moluscos bivalvos que presentan una corona de músculos accesorios periumbonales visible en el molde interno



Redonia deshayesi Rouault, tal vez el bivalvo más frecuente en las Pizarras de Navas de Estena, cuyos moldes internos muestran indicios de un septo reconocible como una ranura anterior



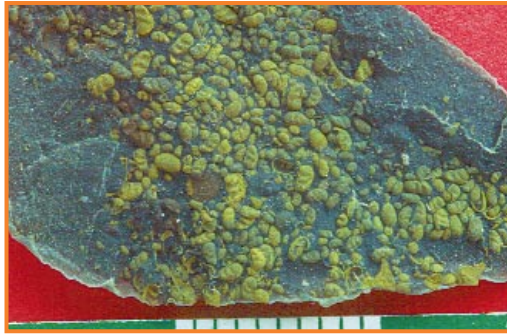
Moldes internos de moluscos con concha planoespiral. A la izquierda, el gasterópodo *Sinuities*; a la derecha, el cefalópodo *Trocholites*



Tomaculum problematicum Groom, excrementos elipsoidales de un animal de cuerpo blando, a veces acumulados como relleno de los túneles llamados *Syncooprulus*



Equinodermos de los géneros *Calix* (cistoideo diploporito, a la izquierda), y *Palaeura* (ofiuroideo, a la derecha). En el primero se aprecian las diferencias entre los moldes interno y externo de un mismo caparazón (ornado por ciclos de tubérculos que le servían de anclaje al sustrato); en el segundo el brazo superior izquierdo ilustra un caso de regeneración, y el ejemplar quedó enterrado junto a un exuvio (un cranidio) del trilobites *Neseuretus*



Acumulación de valvas desarticuladas del ostrácodo *Gracquina hispanica* (Born). Estos artrópodos diminutos abundan extraordinariamente en las pizarras del Oretaniense inferior basal

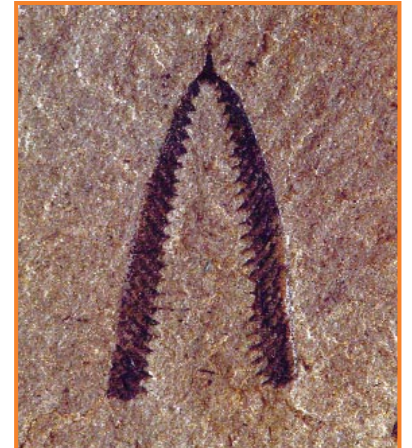


Glabela (parte central de la cabeza) del trilobites *Hungioides bohemicus* (Novak in Perner), para indicar el gran tamaño que podía alcanzar esta especie del Oretaniense inferior



En la parte inferior de las Pizarras de Navas de Estena, y de niveles próximos a las Capas de Marjaliza infrayacentes, provienen también abundantes restos de graptolitos. Estos consistían en colonias planctónicas de esqueleto proteico (fibras de colágeno), entre las que resalta *Didymograptus*, con dos alineaciones de celdillas que le confieren un aspecto bífido o de diapasón.

Por regla general, todos los restos esqueléticos de invertebrados (conchas, caparazones, zoarios, etc.) se conservan generalmente como *moldes* en las pizarras arcillosas, tras haber desaparecido el material original que los mineralizaba en fases avanzadas de la diagénesis (durante los procesos de transformación del sedimento en roca). Si la diagénesis se produce diferencialmente alrededor de un resto fósil, poco después de que haber quedado éste enterrado en el sedimento, pueden llegar a formarse unas bolas redondeadas llamadas *nódulos*, que tienen la ventaja de encerrar fósiles con su relieve original, dado que los nódulos resisten bien la compactación del resto del sedimento y roca.



▲ Algunos graptolitos del Oretaniense inferior: arriba, colonia en diapasón del género *Didymograptus*; en el centro, colonia con ramas declinadas del género *Acrograptus*; debajo, fragmentos de ramas horizontales de *Expansograptus*, a veces confundidos con colonias completas de formas silíceas (*Monograptus*)

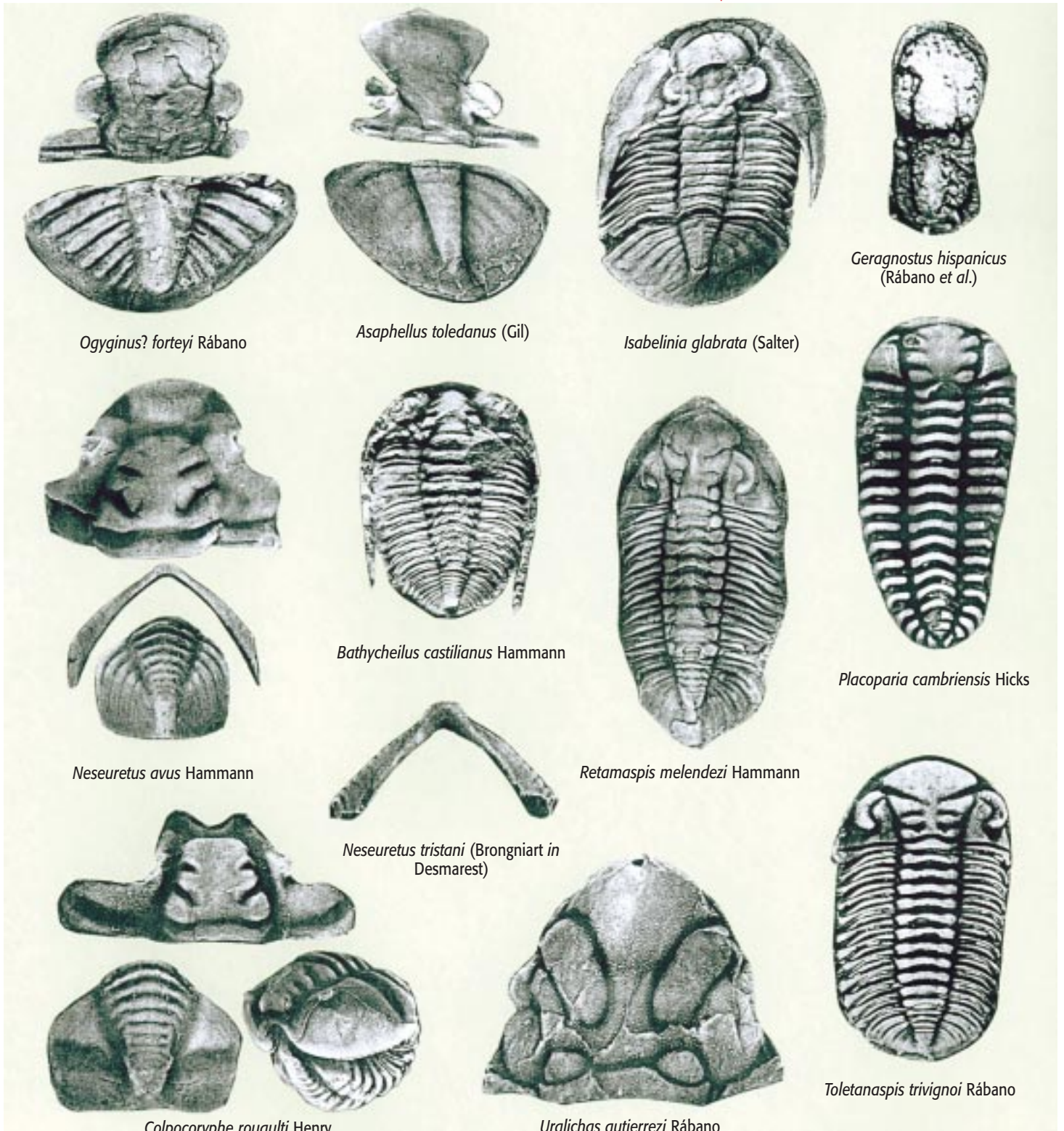
◀ Molde externo de la valva dorsal de un órtdo (braquiópodo) del Oretaniense inferior, que muestra infestación por briozoos perforantes, que excavaron una serie de galerías dentro de la concha (*Pinaceoladichnus*), visibles ahora tras su disolución



Los fósiles de invertebrados, como este trilobites, corresponden normalmente a moldes de la cara interna (*molde interno*, normalmente convexo) y externa (*molde externo*, normalmente el cóncavo) de los caparazones y conchas (caso de los moluscos), siempre con un relieve invertido frente al original. Su estudio requiere la confección de vaciados en materiales elásticos (látex, siliconas) para restituir su configuración original

Acumulación de valvas del braquiópodo *Cacemia* en un plano de sedimentación. La especie *C. ribeiroi* (Sharpe) es una especie característica del Oretaniense superior

Alternancias de pizarras arcillosas y limolitas, muy fosilíferas, en la mitad superior de las Pizarras de Navas de Estena. Este tramo fue depositado a comienzos del Dobrotiviense bajo la influencia de tempestades que alteraban periódicamente la tranquilidad de los fondos marinos



Ogyginus? forteyi Rábano

Asaphellus toledanus (Gil)

Isabelinia glabrata (Salter)

Geragnostus hispanicus (Rábano et al.)

Bathycheilus castilianus Hamman

Placoparia cambriensis Hicks

Neseuretus avus Hamman

Retamaspis melendezi Hamman

Neseuretus tristani (Brongniart in Desmarest)

Toletanaspis trivignoi Rábano

Colpocoryphe rouaulti Henry

Uralichas gutierrezzi Rábano



Monumento al trilobites (sin duda un calymenáceo), ubicado en el centro escolar de Navas de Estena

Navas de Estena se está convirtiendo en una de las puertas de acceso más importantes al Parque Nacional de Cabañeros, precisamente al sector menos conocido por las rutas ecoturísticas y más virginal y representativo de la "zona de montes".

El pueblo se asienta sobre pizarras arcillosas subhorizontales del Oretaniense inferior, fuertemente afectadas por una esquistosidad de plano axial subvertical, en cuyos alrededores son frecuentes los fósiles de invertebrados de diferentes niveles del Ordovícico Medio.

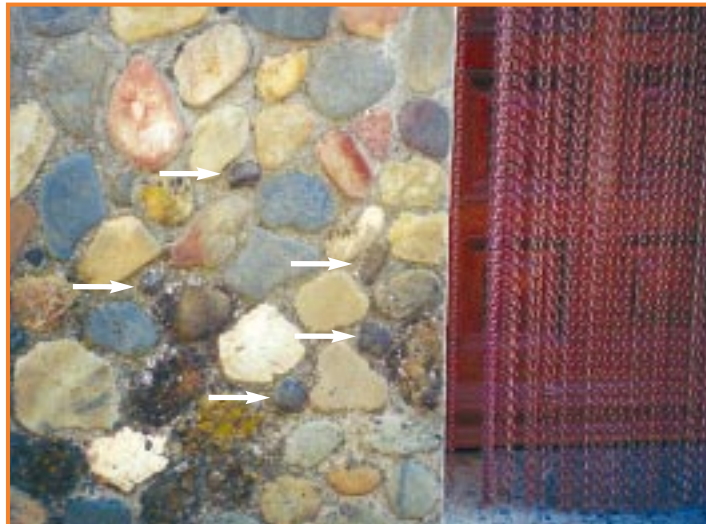
La larga convivencia del pueblo con los fósiles (acreditada en las fotografías) se traducirá pronto en la creación de un museo de la naturaleza, con una parte importante dedicada a la Paleontología del Ordovícico. Otros atractivos artístico-culturales de Navas de Estena son la iglesia *prismática* de Nuestra Señora de la Antigua, y el monumento al macho en celo (un ciervo), ubicado este último en la Plaza de la Constitución, frente al ayuntamiento.



No sólo existen casas curiosas en Retuerta del Bullaque: hasta hace pocos años, en Navas de Estena también convivían, en perfecta armonía estratigráfica, estas dos casas pertenecientes a una misma familia

Para saber más

Aunque empiezan a abundar publicaciones sobre el Parque Nacional de Cabañeros, sus aspectos geológicos generales suelen limitarse a nociones geomorfológicas y paisajísticas acerca del inquietante "roquedo" paleozoico, cuando no introducen errores comunes en la estratigrafía, paleontología e interpretación de las consecuencias que tuvieron las orogenias Varisca y Alpina para los materiales geológicos del Parque. Ciertamente es que la mayoría de las investigaciones geológico-paleontológicas vienen siendo publicadas en revistas científicas especializadas, escasamente inteligibles por los escritores generalistas. Aún así, existe una primera visión adecuada de la estratigrafía, fósiles y estructura geológica del territorio del Parque, que incluye además la bibliografía básica de estos temas, actualizada hasta 1997. Esta síntesis está contenida en el libro *Parque Nacional de Cabañeros* (1997, coord. V. García Canseco), de la editorial Ecohábitat (ISBN: 84-920909-2-8), del que hemos



Trilobites auténticos, incorporados a la fachada de una casa en Navas de Estena (flechas)

tomado algunos textos, por ser propiedad intelectual de los presentes autores. En el centro de visitantes del Parque (Casa Palillos), también existe abundante información geológica, coincidente en cierta medida con la aportación anterior. En el plano geomorfológico y paisajístico, hay que destacar la importante contribución del prof. Julio Muñoz Jiménez, recurrentemente plagiada por muchos autores posteriores, y de la que nosotros mismos hemos adaptado algunas frases e ideas. Desde el punto de vista paleontológico, la aportación más general, con amplia relación bibliográfica, es la del libro *La huella del pasado: fósiles de Castilla-La Mancha* (1999, coord. E. Aguirre e I. Rábano), editado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (serie Patrimonio Histórico-Arqueología Castilla-La Mancha, vol.16, ISBN: 84-7788-221-5).

Agradecimientos

Los autores y las entidades organizadoras desean agradecer la inestimable colaboración de los Sres. D. Juan Carlos Martín Cano (Retuerta del Bullaque) y D. José Luis Rodríguez Pinilla (Navas de Estena), quienes nos facilitaron libre acceso a sus propiedades en las paradas 2 y 4, respectivamente. Al director del Parque Nacional de Cabañeros, D. José Jiménez García-Herrera, y a los guardas y guías del mismo, por las facilidades dispuestas hacia la presente iniciativa de la Semana de la Ciencia. Al pueblo de Navas de Estena, personificado en su alcalde D. Isidro Corsino, por su apoyo y sensibilidad geológico-paleontológica. A los subdelegados del Gobierno en las provincias de Ciudad Real y Toledo, y de modo muy especial a los mandos y números de la Guardia Civil a sus órdenes, por los operativos de seguridad montados para las paradas 1 y 4.

Vaya igualmente nuestro agradecimiento al fotógrafo de la Naturaleza D. Vicente García Canseco, auténtico especialista en la *materia viva* de Cabañeros, por cedernos algunas imágenes de gran belleza plástica. Luís Rodrigues (Universidade de Lisboa), contribuyó también con varias fotografías tomadas con su *molona* cámara digital, durante el curso de doctorado sobre *Paleoicnología* del año académico 2001/2002 (Universidad Complutense de Madrid), a cargo del primero de los autores.

En la confección de este impreso hemos contado con la competencia profesional y artística de Esther Martínez y Modesto Gómez (Inforama) y, por qué no decirlo, también con la paciencia de Ana Rodrigo (Museo Geominero), quien digitalizó reiteradamente muchas de nuestras imágenes, aún a sabiendas de que, por cuestiones de espacio, la mayoría de ellas habrían de quedarse para otra ocasión.

Los autores

Juan Carlos Gutiérrez Marco. Director del Instituto de Geología Económica (centro mixto CSIC-Universidad Complutense). Paleontólogo del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, especialista en invertebrados y bioestratigrafía del Ordovícico-Silúrico. [director.ige@csic.es; jcgupto@geo.ucm.es]

Isabel Rábano Gutiérrez del Arroyo. Directora del Museo Geominero (IGME). Paleontóloga del Instituto Geológico y Minero de España, especialista en trilobites y otros artrópodos del Ordovícico-Silúrico. [irabano@igme.es]

Miguel Ángel de San José Lancha. Profesor del Departamento de Estratigrafía de la Universidad Complutense de Madrid, integrado en el Instituto de Geología Económica. Experto en cartografía, estratigrafía y paleogeografía del Precámbrico y Paleozoico inferior.

Agustín P. Pieren Pidal. Profesor del Departamento de Estratigrafía de la Universidad Complutense de Madrid, integrado en el Instituto de Geología Económica. Experto en cartografía, estratigrafía y paleogeografía del Precámbrico y Paleozoico inferior. [apiieren@geo.ucm.es]